

[Original document](#)

Estimation of rain precipitation rate, using radar, when attenuation is negligible

Patent number: FR2827391

Publication date: 2003-01-17

Inventor: TESTUD JACQUES; LE BOUAR ERWAN

Applicant: CENTRE NAT RECH SCIENT (FR)

Classification:





- international: **G01S7/02; G01S13/95; G01S7/02; G01S13/00;** (IPC1-7): G01S13/95; G01W1/14

- european:

Application number: FR20010009206 20010711

Priority number(s): FR20010009206 20010711

Also published as:

 WO03007016 (A1)
 EP1438604 (A1)
 US2004201515 (A)
 CA2453196 (A1)

[View INPADOC patent family](#)[Report a data error he](#)

Abstract of **FR2827391**

The invention relates to a method of estimating a rainfall rate in the case of rain which only generates negligible attenuation using a bipolar radar. The inventive method comprises the following steps: the bipolar radar is used to measure the differential phase PHI DP and the apparent reflectivity Ze along at least one of the polarisations H or V over a given segment $[r_0, r_1]$ of a ray path in relation to said radar an estimate of value N_0^* , which is representative of the dimensional distribution of the rain drops, is determined using the difference in differential phase between r_0 and r_1 and using an integral of a function of the apparent reflectivity Ze along the length of segment $[r_0, r_1]$; the precipitation rate value is derived at a point using N_0^* and the apparent reflectivity at said point.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 827 391

⑫ N° d'enregistrement national : **01 09206**

⑤ Int Cl⁷ : G 01 S 13/95, G 01 W 1/14

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 11.07.01.

③ Priorité :

⑦ Demandeur(s) : *CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE CNRS Etablissement
public à caractère scientifique et technologique — FR.*

④ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.01.03 Bulletin 03/03.

⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦ Inventeur(s) : TESTUD JACQUES et LE BOUAR
ERWAN.

⑦ Titulaire(s) :

⑦ Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤ TECHNIQUE POUR L'ESTIMATION DE PLUIE AVEC RADAR LORSQUE L'ATTENUATION EST NEGLIGEABLE.

⑦ L'invention concerne un procédé d'estimation d'un
taux de précipitation dans le cas d'une pluie ne générant
qu'une atténuation négligeable, au moyen d'un radar bipolaire,
constitué par les étapes suivantes:

- on mesure, au moyen dudit radar bipolaire, sur un intervalle $[r_0, r_1]$ donné de rayon de trajet par rapport audit radar, la phase différentielle Φ_{DP} et la réflectivité apparente Z_e selon au moins l'une des polarisations H ou V;

- on détermine une estimation de la valeur N_0 représentative de la distribution dimensionnelle des gouttes de pluie, à partir de la différence de la phase différentielle entre r_0 et r_1 et à partir d'une intégrale d'une fonction de la réflectivité apparente Z_e le long de l'intervalle $[r_0, r_1]$;

- on déduit la valeur du taux de précipitation en un point à partir de N_0 et de la réflectivité apparente en ce point.

FR 2 827 391 - A1



La présente invention est relative aux techniques météorologiques
5 pour l'estimation d'un taux précipitant au moyen d'un radar.

L'estimation du taux de pluie à partir de mesures de radar est
généralement confrontée au problème de l'atténuation de l'onde radar, et à
celui de la variabilité naturelle de la pluie.

Le concept d'un radar cohérent à diversité de polarisation associé à
10 un algorithme appelé ZPHI a été décrit dans WO 99/38 028, comme solution
apportée à ces deux obstacles dans des conditions opérationnelles.

ZPHI est un algorithme profileur qui, à la base, utilise en entrée un
profil de réflectivité mesurée Z_a et une contrainte donnée par une différence
de phase différentielle Φ_{DP} entre deux points r_1 et r_2 d'une ligne de visée.

15 A partir de ces mesures, on détermine l'atténuation spécifique A et un
paramètre connu sous le nom de N_0^* , paramètre quantitatif de la distribution
des tailles de gouttes.

Le taux de pluie R à estimer est obtenu comme une fonction de ces
deux paramètres, pour les deux raisons suivantes :

- 20 - l'atténuation spécifique A n'est pas soumise aux effets
d'atténuation. Son utilisation dans l'estimation de R permet ainsi de
régler le problème de l'atténuation.
- le paramètre N_0^* suffit pour décrire la variabilité naturelle de la
pluie.

25 L'algorithme ZPHI s'applique aussi bien en bandes X et C, bandes de
fréquence sensibles à l'atténuation.

On vise ici maintenant un procédé étendu à partir du procédé ZPHI,
lorsque l'atténuation n'est pas importante.

Pour ce cas particulier, il est possible de prescrire un formalisme basé
30 sur des éléments de base, mais plus adapté et beaucoup plus direct.

L'algorithme ZPHI peut également être appliqué à la bande S, pour
laquelle l'atténuation n'est pas importante, voire négligeable. En effet, son

intérêt subsiste dans la mesure où il reproduit « en direct » la variabilité naturelle de la pluie. Le recours au paramètre A n'est alors pas forcément nécessaire.

L'invention a donc pour but de proposer un procédé simple, fiable et efficace d'évaluation du taux précipitant dans le cas d'atténuation faible ou négligeable.

L'invention propose pour cela un procédé d'estimation d'un taux de précipitation dans le cas d'une pluie ne générant qu'une atténuation négligeable, au moyen d'un radar bipolaire, constitué par les étapes suivantes :

- on mesure au moyen dudit radar bipolaire, sur un intervalle $[r_0, r_1]$ donné de rayon de trajet par rapport audit radar, la phase différentielle Φ_{DP} et la réflectivité apparente Z_e selon au moins l'une des polarisations H ou V ;
- on détermine une estimation de la valeur N_0 représentative de la distribution dimensionnelle des gouttes de pluie, à partir de la différence de la phase différentielle entre r_0 et r_1 et à partir d'une intégrale d'une fonction de la réflectivité apparente Z_e le long de l'intervalle $[r_0, r_1]$;
- on déduit la valeur du taux de précipitation représentant en tout point à partir de N_0 et de la réflectivité apparente en ce point.

On propose également selon l'invention un dispositif pour l'estimation d'un taux précipitant comportant un radar bipolaire, ainsi que des moyens de traitement, ledit radar comportant des moyens pour la mesure de la phase différentielle et de la réflectivité selon au moins une des polarisations H ou V, caractérisé en ce que les moyens de traitement mettent en œuvre les différentes étapes de traitement du procédé selon le paragraphe précédent.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre.

Comme pour le procédé ZPHI, le procédé décrit maintenant requiert un radar à diversité de polarisation cohérent. Les données d'entrée sont le profil de réflectivité Z_H (ou Z_V), ainsi que la mesure de la phase différentielle entre la voie H et la voie V.

On vise ici à déterminer le paramètre N_0^* (ainsi que le taux de pluie) dans les cas où l'atténuation est négligeable, par exemple cas de la pluie mesurée par la bande S, cas de pluies suffisamment faibles pour les bandes C et X, ou encore cas de la glace.

- 5 Comme dans le procédé ZPHI, le présent procédé intègre deux types de données : la réflectivité Z_H (ou Z_V , ou plus généralement Z_e) et la phase différentielle Φ_{DP} .

Dans la mesure où l'atténuation est négligeable, la réflectivité mesurée peut être directement utilisée dans l'estimation du taux de pluie R ,
10 moyennant une estimation du paramètre N_0^* qui est précisément l'objet du présent procédé.

Le procédé repose sur la relation « universelle » qui lie la réflectivité équivalente Z_e (mm^6m^{-3}) et le taux de phase différentielle K_{DP} ($^\circ\text{km}^{-1}$) :

$$\frac{K_{DP}}{N_0^*} = a \left[\frac{Z_e}{N_0^*} \right]^b \quad (1)$$

- 15 Où a et b sont des coefficients spécifiés par le modèle de diffusion, qui dépendent du type de précipitations (pluie ou type de cristal de glace) et qui sont légèrement fonction de la température. La détermination du type de précipitations peut être opérée par une méthode de classification du type de
20 celle décrite par Straka, Zrnić et Ryzhkov (2000).

Plus généralement, le modèle de diffusion définit la relation :

$$\frac{K_{DP}}{N_0^*} = F \left(\frac{Z_e}{N_0^*} \right) \quad (2)$$

En intégrant (1) ou (2) entre les deux bornes r_1 et r_2 du segment d'intégration ($r_1 < r_2$), on obtient :

$$\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1) = [N_0^*]^{1-b} \int_{r_1}^{r_2} Z_e^b ds \quad (3)$$

Soit :

$$N_0^* = \left[\frac{\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)}{a \int_{r_1}^{r_2} Z_e^b ds} \right]^{\frac{1}{1-b}} \quad (4)$$

Il ne reste plus alors qu'à transporter cette estimée de N_0^* dans la relation « universelle » liant R à Z_e :

5

$$R = c [N_0^*]^{1-d} Z_e^d \quad (5)$$

pour obtenir l'estimée de R .

Dans le cas général ou la relation K_{DP-Z_e} s'écrit sous la forme (2), (3) devient :

10

$$\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1) = N_0^* \int_{r_1}^{r_2} F\left(\frac{Z_e}{N_0^*}\right) ds \quad (6)$$

On n'a alors pas de solution analytique pour N_0^* , mais une solution numérique peut être trouvée par méthode numérique itérative en utilisant comme valeur de départ pour N_0^* (« first guess ») la solution (4).

15

Dans le cas de la glace, qui n'atténue pratiquement pas l'onde radar quelle que soit la fréquence utilisée (bandes X, C et S), les limites d'application ne sont pas fixées.

Dans le cas de la pluie, l'application du procédé est contrainte par une atténuation négligeable entre les points r_1 et r_2 ($r_2 > r_1$). Plus spécifiquement, les conditions d'application qui conduisent à une erreur de 3 dB sur N_0^* sont (pour $T = 10^\circ\text{C}$, et une loi de distribution de tailles de gouttes de type gamma avec un paramètre de forme égal à 2) :

20

Pour la bande X : $[\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)] = \leq 4^\circ$

Pour la bande C : $[\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)] = \leq 10^\circ$

25

Pour la bande S : $[\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)] = \leq 64^\circ$

Les domaines d'application principaux de l'invention sont :

- les mêmes domaines d'application que dans le cas de l'algorithme ZPHI, à savoir l'estimation de la pluie sur les bassins versants pour la surveillance des crues et la gestion des ressources en eau. Cette application est valable pour tout type de pluie pour la bande S, ou aux pluies suffisamment faibles pour les bandes C et X.
- l'estimation des précipitations en phase glace.

L'invention présente également de nombreuses autres applications en météorologie.

- [1] Differential propagation phase shift and rainfall rate estimation, Sachidananda M. et Zrnié D.S., Radio Science, 21-2, p.235-247 (1986).
- [2] Polarimetric method for ice water content determination, Ryshkov A.V., Zrnié D.S. et B.A. Gordon, J. Appl. Meteor., p125-134 (1998).
- [3] The rain profiling algorithm applied to polarimetric weather radar, Testud J.E. Le Bouar, E. Obligis et M. Ali-Mehenni, J. Atmos. Oceanic Technol., 17, p332-356 (2000).
- [4] Bulk hydrometeor classification and quantification using polarimetric radar data : Synthesis of relations, Straka J.M., D.S. Zrnié, A.V. Ryzhkov, J. Appl. Meteor., 39, p1341-1372 (2000).

REVENDECATIONS

1. Procédé d'estimation d'un taux de précipitation dans le cas d'une
 5 pluie ne générant qu'une atténuation négligeable, au moyen d'un radar
 bipolaire, constitué par les étapes suivantes :

- on mesure, au moyen dudit radar bipolaire, sur un intervalle $[r_0, r_1]$
 donné de rayon de trajet par rapport audit radar, la phase différentielle Φ_{DP} et
 la réflectivité apparente Z_e selon au moins l'une des polarisations H ou V ;
- 10 - on détermine une estimation de la valeur N_o^* représentative de la
 distribution dimensionnelle des gouttes de pluie, à partir de la différence de la
 phase différentielle entre r_0 et r_1 et à partir d'une intégrale d'une fonction de
 la réflectivité apparente Z_e le long de l'intervalle $[r_0, r_1]$;

- on déduit la valeur du taux de précipitation en un point à partir de N_o^*
 15 et de la réflectivité apparente en ce point.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on déduit N_o^*
 directement à partir de la différence de phase différentielle entre r_0 et r_1 et à
 partir de l'intégrale de la réflectivité apparente Z_e élevée à un exposant
 choisi.

20 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'exposant
 choisi est un exposant b , qui vérifie :

$$\frac{K_{DP}}{N_o^*} = a \left[\frac{Z_e}{N_o^*} \right]^b$$

ou K_{DP} est le taux de variation de la phase différentielle le long du rayon, a et
 b étant spécifiés par le type de précipitation considéré et par la température.

25 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le type de
 précipitation est un type correspondant parmi le type pluie et le type cristal de
 glace.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fonction de la réflectivité apparente qui est intégrée est dépendante de N_0^* , et en ce que le procédé inclut le fait de calculer à plusieurs itérations cette fonction, avec une valeur N_0^* déterminée à l'itération précédente.

- 5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'on calcule N_0^* à partir de la relation :

$$\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1) = N_0^* \int_{r_1}^{r_2} F\left(\frac{Z_e}{N_0^*}\right) ds$$

où Φ_{DP} est la phase différentielle et où F est une fonction vérifiant la relation :

10

$$\frac{K_{DP}}{N_0^*} = F\left(\frac{Z_e}{N_0^*}\right)$$

où K_{DP} est le taux de variation de la phase différentielle le long du rayon.

7. Procédé selon la revendication 5 ou la revendication 6, caractérisé en ce que l'on utilise, à une première itération, la valeur de N_0^* donnée par :
- 15

$$N_0^* = \left[\frac{\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)}{a \int_{r_1}^{r_2} Z_e^b ds} \right]^{\frac{1}{1-b}}$$

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on détermine le taux de pluie R à partir de N_0^* et de la réflectivité apparente Z_e par la relation :
- 20

$$R = c [N_0^*]^{1-d} Z_e^d$$

9. Dispositif pour l'estimation d'un taux de précipitation comportant un radar bipolaire, ainsi que des moyens de traitement, ledit radar comportant des moyens pour la mesure de la phase différentielle et de la réflectivité selon au moins une des polarisations H ou V, caractérisé en ce que les
- 5 moyens de traitement mettent en œuvre les différentes étapes de traitement du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.



2827391

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 606649
FR 0109206

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 97 24629 A (THOMSON CSF ;SAUVAGEOT HENRI (FR); BEGUIN DANIEL (FR); DEVINNE REG) 10 juillet 1997 (1997-07-10) * abrégé *	1,9	G01S13/95 G01W1/14
A	* page 3, ligne 23 - page 10, ligne 12; figures 1,2 *	2,5	
A,D	WO 99 38028 A (TESTUD JACQUES VICTOR ;OBLIGIS ESTELLE (FR); ALI MEHENNI MUSTAPHA) 29 juillet 1999 (1999-07-29) * abrégé *	1-9	
	* page 5, ligne 22 - page 14, ligne 27; figures 1-16 *		
A	WO 85 02266 A (STRAHLEN UMWELTFORSCH GMBH) 23 mai 1985 (1985-05-23) * abrégé *	1,9	
	* page 5, ligne 5 - page 6, ligne 15; figure *		
A	US 5 500 646 A (ZRNIC DUSAN S) 19 mars 1996 (1996-03-19) * abrégé *	1,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G01S
	* colonne 2, ligne 65 - colonne 5, ligne 35; figures 1-4 *		
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur	
20 juin 2002		Blondel, F	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0109206 FA 606649**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **20-06-2002**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9724629	A	10-07-1997	FR 2742876 A1	27-06-1997
			CA 2242225 A1	10-07-1997
			DE 69604088 D1	07-10-1999
			DE 69604088 T2	20-01-2000
			EP 0870206 A1	14-10-1998
			WO 9724629 A1	10-07-1997
			JP 2000502794 T	07-03-2000
			US 6061013 A	09-05-2000
WO 9938028	A	29-07-1999	FR 2774174 A1	30-07-1999
			AU 2062399 A	09-08-1999
			CA 2318455 A1	29-07-1999
			EP 1049944 A1	08-11-2000
			WO 9938028 A1	29-07-1999
			JP 2002501205 T	15-01-2002
WO 8502266	A	23-05-1985	AT 400988 B	28-05-1996
			AT 390783 A	15-06-1992
			WO 8502266 A1	23-05-1985
			AT 53130 T	15-06-1990
			DE 3482340 D1	28-06-1990
			EP 0189414 A1	06-08-1986
US 5500646	A	19-03-1996	AUCUN	